



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Detecção dos extremos climáticos e suas relações com os índices oceanicos para quatro estações meteorológicas do estado do Mato Grosso

Edilanê Mendes dos Santos¹, Denilton Carlos Gaio², Sérgio Roberto de Paulo³, Marcelo Sacardi Biudes⁴, Nadja Gomes Machado⁵, Luiz Octavio Fabricio dos Santos⁶

¹Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Professora do colegiado de Ciências Agrárias e do Ambiente do Instituto de Natureza e Cultura da Universidade Federal do Amazonas - INC/UFAM, Rua 1º de Maio, nº 05, CEP: 69.630-000, Colônia Benjamin Constant - AM, edilanemendes@ufam.edu.br (autor correspondente). ²Dr. em Física Ambiental pela UFMT, Professor Associado II do Instituto de Física da UFMT, Av. Fernando Correa da Costa s/n - Coxipó Campus Cuiabá, dcaio@fisica.ufmt.br. ³Dr. em Ciências, Professor Titular, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa, s/n, 78060-900, Cuiabá-MT, (65) 3615-8730, sergioufamt@gmail.com. ⁴Professor Dr. Associado III, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, CEP 78.060-900, Cuiabá, Mato Grosso. (65) 3615-8730. marcelo@fisica.ufmt.br. ⁵Professora Dr. D4-IV, Instituto Federal de Mato Grosso, Campus Bela Vista, Av. Ver. Juliano da Costa Marques, CEP 78.050-560, Cuiabá, Mato Grosso. (65) 3318-5100. nadja.machado@ifmt.edu.br. ⁶Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, CEP 78.060-900, Cuiabá, Mato Grosso. (65) 3615-8730. luizoctavio@fisica.ufmt.br.

Artigo recebido em 27/05/2021 e aceito em 04/04/2022

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi calcular e verificar a tendência dos índices de detecção de mudanças climáticas dependentes da precipitação pluvial e da temperatura diária definidos pela OMM para as estações meteorológicas do estado do Mato Grosso e analisar suas relações com as anomalias de TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico. Foram estudadas quatro estações: Cáceres, Cuiabá, Gleba Celeste e Pe. Ricardo Remetter. Os resultados mostram um aumento na intensidade da chuva para Cáceres e Cuiabá, sendo que na capital foi detectado uma tendência de aumento na precipitação de 45 mm/década, o aumento no quantitativo de chuva poderá trazer transtornos à população devido a pavimentação urbana. Os índices de extremos climáticos tiveram pouca relação com as regiões do oceano Pacífico, porém as anomalias do oceano Atlântico mostraram maior causa-efeito principalmente com os índices de temperatura. Apesar da aparente fraca relação dos índices oceânicos com os índices de extremos climáticos detectados nestas localidades é necessário ficar atento as influências oceânicas para a região Norte e Nordeste brasileiro uma vez que a Amazônia é a principal fonte de umidade para o Centro-Oeste devido a ZCAS e mEc. Ainda, fatores a nível local e micrometeorológicos devem ser estudados a fim de entender o aumento da temperatura máxima identificado nas quatro estações, o aumento nos dias consecutivos secos para Cáceres e no aumento da precipitação para Cuiabá uma vez que houve fraca relação com os oceanos, mostrando assim que fatores a nível regional e até mesmo local estejam contribuindo sumariamente para estas mudanças mais que os eventos de escala sinótica.

Detection of climatic extremes and their relationship with ocean indices for four meteorological stations in the state of Mato Grosso

ABSTRACT

The objective of this research was to calculate and verify the trend of the detection indexes of climatic changes dependent on the rainfall and daily temperature defined by the WMO for the meteorological stations of the state of Mato Grosso and to analyze their relationship with the SST anomalies of the Pacific and Atlantic oceans. Four seasons were studied: Cáceres, Cuiabá, Gleba Celeste and Pe. Ricardo Remetter. The results show an increase in the intensity of the rain for Cáceres and Cuiabá, and in the capital a tendency of increase in precipitation of 45 mm / decade was detected, the increase in the amount of rain may cause inconvenience to the population due to urban paving. The rates of climatic extremes had little relation to the regions of the Pacific Ocean, however the anomalies of the Atlantic Ocean showed greater cause-effect mainly with the temperature indices. Despite the apparent weak relationship between the oceanic indexes and the indexes of climatic extremes detected in these locations, it is necessary to be aware of the oceanic influences for the North and Northeast regions of Brazil since the Amazon is the main source of moisture for the Midwest due to SACZ and Ec (Equatorial continental air mass). Furthermore, factors at the local and micrometeorological level must be studied to understand the increase in the maximum temperature identified in the four seasons, the increase in consecutive dry days for Cáceres and the increase in precipitation for Cuiabá since there was a weak relationship with the oceans, thus showing

that factors at the regional and even local level are summarily contributing to these changes more than the events of synoptic scale.

Introdução

Os eventos climáticos extremos ocorrem dentro do sistema climático que inclui cinco subsistemas (atmosfera, criosfera, litosfera, hidrosfera e biosfera), tendo como elementos fundamentais o balanço da energia radiativa que entra e sai da atmosfera terrestre, o efeito estufa e a circulação atmosférica e oceânica (Dolman e Dolman, 2019; Margazoglou et al., 2021; Kumar, 2022).

Em 2009, os cientistas cunharam o conceito de limite planetário (planetary boundaries) a fim de definir os limites ambientais dentro dos quais a humanidade pode operar com segurança, dos nove limites descritos, quatro deles já foram ultrapassados: mudança climática, integridade da biosfera, fluxos biogeoquímicos e mudança do sistema terrestre (Steffen et al., 2015). Os eventos climáticos extremos geralmente têm fortes impactos na sociedade visto que corroboram com períodos excessivamente secos e/ou chuvosos, assim como temperaturas do ar muito acima ou abaixo das normais para a localidade, visto que uma pequena alteração na condição média pode causar uma mudança na probabilidade de um evento climático extremo ocorrer. Esta afirmação é ratificada pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) que vem alertando a sociedade de como as mudanças climáticas têm afetado significativamente a humanidade e seus processos naturais, intensificando eventos climáticos extremos.

A tendência climática é uma mudança no clima caracterizada por um suave acréscimo ou decréscimo nos valores médios no período suficientemente longo de registro. A mudança climática abrupta é uma mudança rápida e permanente. Assim, a análise dos extremos climáticos nas últimas décadas tem atraído grande interesse da comunidade científica e até mesmo da sociedade civil por se tratar de eventos que podem acarretar enormes perdas e transtornos econômicos, impactando os sistemas naturais e humanos mais que seus valores médios (Santos et al., 2007; Aguilar et al. 2009; Alimonti et al., 2022).

Extremos de temperatura e precipitação têm sido estudados em escala global, nacional e regional (Santos et al., 2012). O IPCC (2014) afirma que muitos eventos extremos de tempo e clima foram observados desde 1950, então, na década de 1990, a comunidade científica buscou padronizar estes tipos de estudos ao criar um

conjunto de índices que poderiam ser calculados para uma variedade de climas, possibilitando a comparação entre as várias regiões do planeta. Como resultado, 27 índices de mudanças climáticas, derivados de dados diários de temperatura e precipitação, foram identificados (Zin et al. 2010).

Além das análises de detecção dos índices de mudanças climáticas (ou índices de extremos climáticos) para as diversas regiões do planeta, correlacioná-los com as regiões dos oceanos faz-se necessário a fim de verificar como tais anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) influência no aumento ou diminuição da intensificação destes índices. As análises das variações de temperatura das águas dos Oceanos Pacífico (Fenômenos de La Niña e El Niño - Oscilação Sul, ENOS) e Atlântico (Dipolo do Atlântico) são necessárias para estudos de variabilidade climática, uma vez que o aumento ou diminuição nos índices de extremos climáticos podem estar relacionados as anomalias de TSM (Taschetto; Wainer, 2005; Menezes et al., 2008; Marcuzzo; Oliveira, 2012; Santos et al., 2012; Goddard e Gershunov, 2020), uma vez que as mesmas causam impactos distintos e originam-se de maneiras diferentes (Silva et al., 2021; Monteiro, 2022).

A precipitação, elemento meteorológico de fundamental importância para definição do clima de uma região, possui uma grande variação no estado do Mato Grosso - MT (tanto espacial, quanto temporal). Seu extenso território de 903.206,997 km² e sua grande diversidade de fauna e flora lhe confere característica única, tanto que dentro do estado encontra-se biomas da floresta Amazônica (50%), Pantanal (7,2%) e Cerrado (38,29%), propiciando uma variedade climática. A capital Cuiabá, uma das cidades mais quentes do Brasil, possui temperatura média que gira em torno de 24°C e não raro bate os 40°C (Mato Grosso, 2021). A precipitação anual na capital varia de 1250 a 1500 mm com estação seca de maio a setembro (outono-inverno) e estação chuvosa de outubro a abril (primavera-verão) bem definida (Biudes et al., 2015; Machado et al., 2020).

Em geral, o clima no estado do MT, devido sua localização geográfica, entre 8° e 19° LS (latitude sul) e de 51° a 62° LW (latitude oeste), lhe impõe características de Climas Continentais. O estado está situado numa área de transição entre os Climas Tropicais Continentais, revestidos com

Cerrado e os Climas Equatoriais Continentais recobertos com Floresta Amazônica. Tal característica confere padrões climáticos sazonais com alternância numa estação úmida (de novembro a abril), e uma estação seca (de maio a setembro). A grande extensão latitudinal altera esta distribuição sazonal, fazendo com que a estação chuvosa no extremo meridional se antecipe de 1 a 2 meses (setembro-outubro) enquanto no extremo norte ocorre um atraso (novembro e dezembro) de mesmo prazo. Esta diferença também é observada na transição para a estação seca, que na parte sul ocorre entre março-abril enquanto no extremo norte, o verão amazônico (período seco) se inicia em maio-junho (Santos, 2000; Sette, 2005).

Entender estas influências no clima da região são necessárias uma vez que o estado é o maior responsável pelo agronegócio brasileiro, estando em primeiro lugar no ranking nacional como o maior produtor de algodão, milho e soja (Nascimento et al., 2018). Apesar da importância da produção agrícola do estado no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, ainda existe escassez de estudos voltados a variabilidade climática da região, uma vez que ela influencia fortemente a agricultura.

Diante dessa diversidade climática é importante analisar os dados históricos pluviométricos e de temperatura máxima e mínima para quantificar possíveis mudanças climáticas na região, uma vez que o MT tem sofrido fortemente com as queimadas (MapBiomass, 2021), tanto que, somente no ano de 2020, cerca de 3,9 milhões de hectares foram atingidos por incêndios só no bioma Pantanal (Novais et al., 2022) impactando no aumento da concentração de gases de efeito estufa para a região.

Para além, identificar e correlacionar os índices de extremos climáticos que possam estar ocorrendo na região com as anomalias de TSM são estratégicos, uma vez que elas representam uma das principais variáveis para análise do clima global (Silva et al., 2021), podendo servir de indicador se as mudanças climáticas têm influenciado a climatologia da região. Mas, é necessário destacar, por exemplo, que eventos de El Niño atuam em conjunto com outras influências que ocorrem em escalas de tempo mais longas ou mais curtas, nunca é um único fator que impacta as probabilidades de vários extremos climáticos, (Goddard e Gershunov, 2020).

Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar quais índices de extremos climáticos dependentes da precipitação e temperatura estão

variando para algumas localidades do estado do MT e se eles possuem relação com a variabilidade da TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico.

Material e métodos

Foram solicitados dados diários de temperatura máxima (TX), temperatura mínima (TX) e precipitação pluviométrica (PRCP) para todas as estações meteorológicas convencionais e automáticas do MT no site do INMET (<https://bdmep.inmet.gov.br/#>).

De posse dos dados, foram excluídas as estações meteorológicas cuja as séries temporais possuíam dados menores que 30 anos para pelo menos uma das três variáveis, nesta seleção, 9 estações apresentaram dados suficientemente longos: Canarana, Cáceres, Cuiabá, Diamantino, Gleba Celeste, Matupá, Nova Xavantina, Padre Ricardo Remetter e Poxoreo (Tabela 1). Nenhuma estação automática foi considerada neste trabalho, pois todas apresentaram um período de medição inferior ao mínimo necessário para se fazer uma climatologia.

Com o objetivo de calcular os índices de extremos climáticos, utilizou-se o pacote gratuito RCLimdex, desenvolvido e mantido por Xuebin Zhang e Feng Yang do Climate Research Branch of Meteorological Service of Canada (Zhang e Yang, 2004). O pacote calcula os 27 índices principais de extremos climáticos definidos pelo Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) do CCI/CLIVAR (International Research Programme on Climate Variability Predictability), mais informações podem ser consultadas no site <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>.

Os códigos do RCLimdex, procedimentos de instalação e uso estão disponíveis gratuitamente na plataforma de hospedagem de código-fonte GitHub no site <https://github.com/ECCC-CDAS/RCLimDex>. Nesta pesquisa foram analisados 10 índices de extremos climáticos para a variável precipitação (Tabela 2) e 9 índices para a variável temperatura (Tabela 3).

Para usar o pacote RCLimdex é necessário um controle de qualidade dos dados, o pesquisador deve codificar os dados faltosos por -99.9 assim como verificar supostos dados inconsistentes como (a) quantidades de precipitação pluviométrica diárias menores que zero e (b) temperatura mínima diária maior que a temperatura máxima diária. O pacote RCLimdex fornece, para todos os índices,

dados estatísticos, tais como: tendência linear anual calculada pelo método de mínimos quadrados; nível de significância estatística da

tendência (valor p); coeficiente de determinação (r^2) e erro padrão de estimativa; assim como os gráficos das séries temporais (Santos et al, 2012).

Tabela 1: Estações meteorológicas inicialmente consideradas.

ID	Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período de dados (anos)
83270	Canarana	-13.470	-52.271	430	1988-2020
83405	Cáceres	-16.049	-57.680	118	1971-2014
83361	Cuiabá	-15.619	-56.108	157.7	1961-2020
83309	Diamantino	-14.406	-56.446	274.02	1961-2020
83264	Gleba Celeste	-12.288	-55.294	384	1973-2013
83214	Matupá	-10.191	-54.946	272	1987-2020
83319	Nova Xavantina	-14.697	-52.350	305.33	1988-2020
83364	Padre Ricardo Remetter	-15.776	-56.072	140	1987-2020
83358	Poxoreo	-15.827	-54.395	374.35	1978-2020

Tabela 2: Índices de extremos climáticos dependentes da precipitação.

Índice	Definição	Unidade
PRCPTOT	Precipitação total anual nos dias úmidos ($PRCP \geq 1\text{mm}$)	mm
CDD	Máximo número de dias consecutivos secos com $PRCP < 1\text{mm}$	dias
CWD	Máximo número de dias consecutivos $PRCP \geq 1\text{mm}$	dias
R10mm	Número de dias em um ano quando $PRCP \geq 10\text{mm}$	dias
R20mm	Número de dias em um ano quando $PRCP \geq 20\text{mm}$	dias
SDII	Média anual da precipitação quando $PRCP \geq 1,0\text{mm}$	mm
Rx1day	Máxima precipitação em 1 dia	mm
Rx5day	Máxima precipitação em 5 dias consecutivos	mm
R95p	Dias úmidos quando $PRCP > 95p$	mm
R99p	Dias úmidos quando $PRCP > 95p$	mm

Tabela 3: Índices de extremos climáticos dependentes da temperatura.

Índice	Definição	Unidade
TXx	Valor máximo anual da temperatura máxima diária	°C
TXn	Valor mínimo anual da temperatura máxima	°C
TNx	Valor mensal máximo de temperatura mínima diária	°C
TNn	Valor mínimo anual da temperatura mínima diária	°C
Tn10p	Porcentagem anual de dias em que $TN < \text{percentil } 10$	%
Tx10p	Porcentagem anual de dias em que $TX < \text{percentil } 10$	%
Tn90p	Porcentagem anual de dias em que $TN > \text{percentil } 90$	%
Tx90p	Porcentagem anual de dias em que $TX > \text{percentil } 90$	%
DTR	Diferença média anual entre TX e TN	°C

Para calcular a tendência estatística dos índices de extremos climáticos, utilizou-se o teste não paramétrico de Mann Kendall que segundo Some'e et al. (2013) é o teste mais adequado para séries climatológicas. Para esta finalidade, utilizou-se o software TREND (www.toolkit.net.au/trend), em que o mesmo ao

efetuar os cálculos, mostra se a série temporal apresenta ou não tendência a nível de significância de 95% ($\alpha < 0.05$). Todos os índices climáticos anuais que apresentaram tendência significativa no teste de Mann-Kendall foram correlacionados com os valores médios anuais de anomalia de TSM para os oceanos Pacífico e Atlântico obtidos no site do

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration(<https://www.psl.noaa.gov/data/cli/mateindices/list/>) das áreas conhecidas por Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4 no Oceano Pacífico Equatorial, e das regiões de Índice do Atlântico Tropical Norte – TNAI (Tropical North Atlantic Index) e de Índice do Atlântico Tropical Sul - TSAI (Tropical South Atlantic Index) (Menezes et al. 2008). Para calcular a significância estatística da correlação, utilizou-se o teste de Pearson bilateral, os cálculos foram realizados utilizando o pacote Rcmdr por meio do software estatístico R.

Inicialmente, calculou-se as tendências dos índices de precipitação e temperatura espacialmente distribuídos para as 9 estações

meteorológicas localizadas no estado do Mato Grosso (Tabela 1).

Os dados foram organizados e processados com a finalidade de calcular a tendência dos índices de extremos climáticos. Apesar dos dados faltosos, o pacote RClimdex calcula a tendência estatística das séries temporais utilizando o método estatístico dos mínimos quadrados, aferindo se os índices calculados apresentam ou não significância estatística por meio do valor p. Os resultados iniciais estão disponíveis nas Tabela 4 e Tabela 5, onde são representados 10 índices para precipitação e 4 para a temperatura das 9 estações inicialmente selecionadas

Tabela 4: Tendências anuais dos índices de extremos climáticos dependentes da precipitação para as 9 estações meteorológicas.

Estação	PRCTOT	CDD	CWD	R10mm	R20mm	SDII	Rx1day	Rx5day	R95p	R99p
Canarana	-10.696	1.099	-0.057	-0.178	-0.232	0	-1.193	-1.021	-4.98	-1.826
Cáceres	1.764	-0.007	-0.014	0.077	0.034	0,048*	0.319	0.444	0,1	1.12
Cuiabá	4.9**	-0.195	-0.001	0.153*	0.114*	0.038*	0.062	0.549	1.991	0.356
Diamantino	3.426	-0.173	-0.048	-0.009	0.062	0.039*	0.28	0.693*	3.371*	1.89*
Gleba Celeste	-5.141	-0.252	-0.017	-0.262*	-0.218	0.015	0.771	0.561	2.398	2.178
Matupá	11.436	-0.097	0.171	0.244	0.193	-0.001	-0.38	-0.188	0.735	0.451
Pe. Ricardo Remetter	-3.088	0.229	0.684	-0.081	-0.031	0.022	0.354	-0.189	-0.405	-0.692
Poxoréo	-1.091	0.385	-0.093*	-0.072	0.072	0.079*	0.156	0.113	-0.325	1.363
Xavantina	-11.09	-0.576	-0.127	-0.355	-0.205	-0.05	0.012	-0.067	-1.076	-3.033

Legenda: *A correlação é significativa no nível $p < 0.05$.

Tabela 5: Tendências anuais dos índices de extremos climáticos dependentes da temperatura para as 9 estações meteorológicas.

Estação	TXx	TXn	TNx	TNn
Canarana	0.087*	0.074**	-0,045	0.006
Cáceres	0.017	-0.008	0.026*	0.039
Cuiabá	0.041*	0.009	0.028*	0.048*
Diamantino	0.033*	0.008	0.027*	0.007
Gleba Celeste	0.11*	0.072	0.034	0.065
Matupá	0.03	0.065	0.007	0.051
Pe. Ricardo Remetter	0.066*	0.037	-0.023	0.061
Poxoréo	0.119*	0.039	0.033*	0.109*
Xavantina	0.154*	0.05	0.022	0.198*

Legenda: *A correlação é significativa no nível $p < 0.05$.

Apesar destes valores possuírem significados e servirem de subsídios para analisar quais os índices de extremos climáticos tem

variado para estas estações, decidiu-se por utilizar mais um tratamento nos dados, visto que foram identificados valores faltosos para alguns índices

anuais após o processamento dos dados, permanecendo decodificados por -99.9, além disso, na saída dos dados processados, o programa cria uma pasta que mostra os gráficos das séries temporais, neles, o pesquisador pode verificar se os dados são consistentes ou enviesados (outliers), ficando a cargo do pesquisador utilizar ou descartar a série temporal.

Neste processo, optou-se pela exclusão dos dados de 5 estações, como controle de qualidade, foram excluídas as estações que apresentaram ao final do processamento, ao menos quatro índices anuais consecutivos codificado por -99.9 para

qualquer uma das três variáveis, assim, foram consideradas para a continuação das análises, somente as estações de Cáceres, Cuiabá, Gleba Celeste e Pe. Ricardo Remetter.

Na Figura 1 estão destacados os municípios onde se encontram as estações meteorológicas analisadas, a estação Gleba Celeste fica localizada no município de Sinop e a estação de Pe. Ricardo Remetter, no município de Santo Antônio do Leverger, as estações de Cáceres e Cuiabá mantiveram os nomes dos municípios em que estão localizadas.

Mapa do Mato Grosso

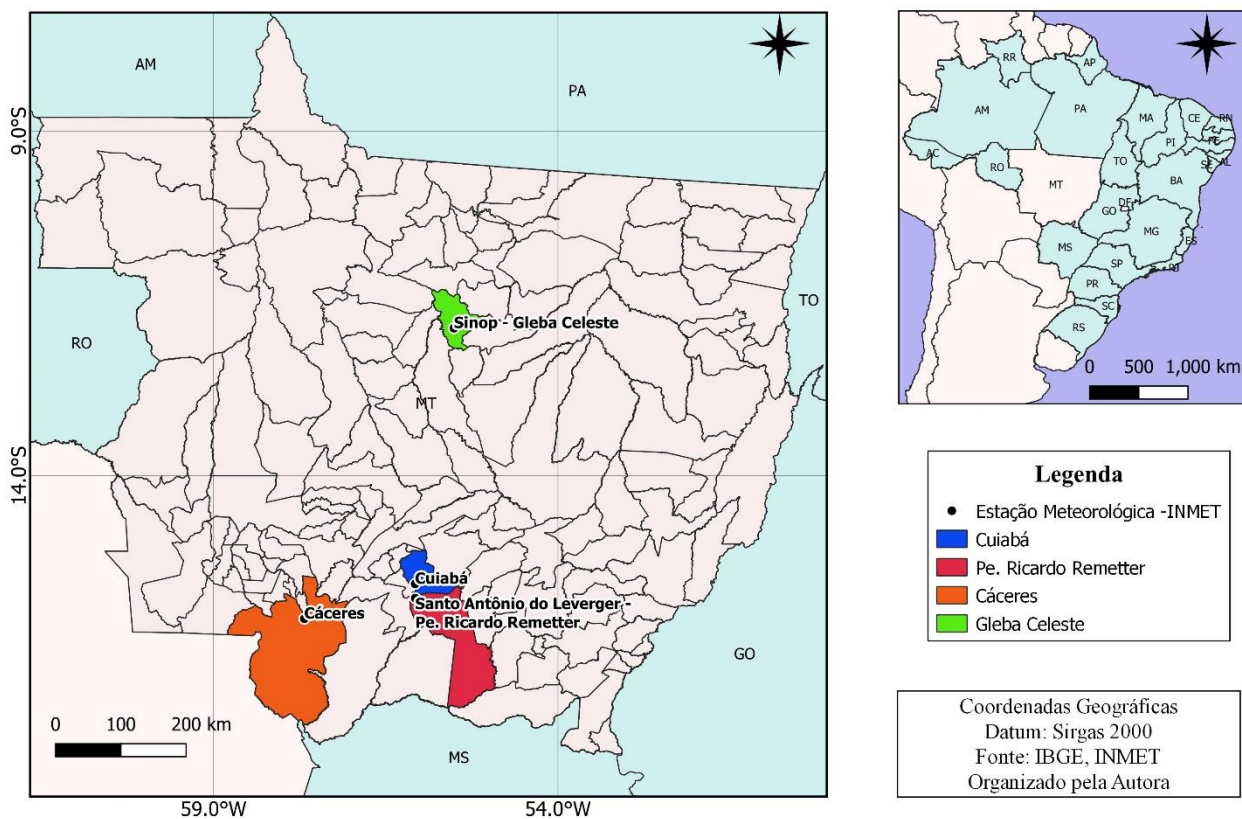


Figura 1: Localização dos municípios das estações meteorológicas analisadas.

Resultados e discussão

As séries temporais para as 4 estações passaram por um novo processamento de dados, para dados faltosos de temperatura máxima e mínima com mais de 5 dias consecutivos, fez-se correção por meio da média com grau três, que segundo Penereiro et al. (2020), consiste em calcular a média dos três dias anteriores ou posteriores, se os mesmos também não estiverem ausentes. Para períodos maiores de falta de dados

nas séries temporais, utilizou-se a média entre os três mesmos meses dos três anos anteriores ou posteriores conforme cada caso específico, para períodos menores que 5 dias consecutivos de dados faltosos, manteve-se a codificação -99.9.

Após este tratamento, os dados foram novamente processados utilizando o pacote RClindex. Para cada índice calculado, utilizou-se o software TREND para avaliar se as séries apresentavam tendência estatisticamente significativa pelo método não paramétrico de

Mann-Kendall. A saída do software mostra se a série temporal analisada apresenta ou não significância estatística a nível de 95%. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 6 e 7.

Ao fazer um comparativo da Tabela 4 com a Tabela 6, observa-se uma certa consistência nos resultados para as quatro estações em que a maioria dos dados faltosos foram substituídos pela média de grau três e o teste de significância não-paramétrico foi aplicado.

As estações de Cáceres e Cuiabá mantiveram o aumento estatisticamente significativo para o índice SDII, este índice é calculado dividindo a precipitação total anual pelo número de dias em que choveu. Apesar de pequeno, 0.048 mm/dia/ano e 0.038 mm/dia/ano respectivamente, demonstra que há um aumento na quantidade de chuvas quando elas ocorrem para estas localidades.

Cáceres apresentou um aumento estatisticamente significativo para o índice Rx1day mostrando concordância com o índice SDII. Pizzato et al., (2012) ao analisarem a variabilidade da precipitação para Cáceres utilizando 26 anos de dados do INMET, a mesma estudada nesta pesquisa, notaram um valor mínimo de precipitação de 972.9 mm, em 1985, e máxima de 1624.1 mm em 1998, ao comparar estes resultados com a Tabela 8, observamos que em 1985 ocorreu evento de La Niña fraca, enquanto em 1998, La Niña forte, podendo significar que estes eventos pouco influenciam na precipitação da localidade, ou ainda, grande quantidade de dados faltosos, o que possivelmente contribuiu para gerar subestimação no somatório da quantidade de

precipitação pluviométrica ocorrida nestes anos pelos pesquisadores. Além disso, Pizzato et al., (2012) concluíram que há duas estações bem definidas na região: a seca (maio a setembro) e a chuvosa (outubro a abril). O aumento nos dias consecutivos secos, CDD, detectado para Cáceres neste trabalho, pode significar uma maior extensão do período seco, ficando as chuvas concentradas em menos dias. Foi detectado um aumento de aproximadamente 7 dias secos/década, o que pode prejudicar as atividades agrícolas da região a médio prazo. Além disso, Cáceres vem sofrendo com o desmatamento, tanto que em 2017, o município ficou em 2º lugar no ranking brasileiro quanto a maior desvalorização no preço do estoque de terra (Instituto Escolhas, 2022), sendo o desmatamento, a principal fonte de emissões de gases de efeito estufa do Brasil. A fumaça devido a queima de biomassa, quando misturada a enormes quantidades de fuligem, aerossóis e dióxido de carbono, pode interferir nos padrões climáticos em toda a região e contribuir para o aquecimento global (Escobar, 2019).

A cidade de Cuiabá apresentou tendência estatisticamente significativa de aumento para os índices PRCTOT, R10mm e R20mm. O aumento de 4.9 mm/ano na precipitação pode estar contribuindo para o aumento dos números de dias com chuvas moderadas e intensas (10mm e 20mm). Chuvas mais intensas são as responsáveis por alagamentos, visto vez que a urbanização diminui a permeabilidade do solo devido a sua pavimentação (Wheater e Evans, 2009; Santos et al., 2012; Ma et al., 2021).

Tabela 6: Tendências anuais dos índices de extremos climáticos dependentes da precipitação para as 4 estações meteorológicas.

	PRCTOT	CDD	CWD	R10mm	R20mm	SDII	Rx1day	Rx5day	R95p	R99p
Cáceres	-2.12	0.674*	-0.044	-0.26	-0.018	0.085*	0.694*	0.419	-1.186	1.387
Cuiabá	4.593*	-0.21	0.006	0.14*	0.102*	0.036*	0.048	0.511	2.027	0.125
Gleba Celeste	-6.353	-0.675	0.003	-0.268*	-0.213*	0.003	0.66	0.013	1.078	1.351
Pe. Ricardo Remetter	-1.571	0.18	0.022	-0.031	0.018	0.036	0.367	-0.054	-0.456	-1.139

Legenda: *A correlação é significativa no nível $p < 0,05$.

A estação meteorológica Gleba Celeste, localizada no município de Sinop, apresentou tendência estatisticamente significativa de diminuição de dias com precipitação maiores que 10 mm e 20 mm, apesar de não apresentar tendência estatisticamente significativa para a

precipitação anual, foi possível observar que a precipitação tem diminuído cerca de 6 mm/ano, caso mantenha esta tendência, a região que possui a agropecuária como atividade econômica, poderá sofrer perdas monetárias.

A estação meteorológica de Pe. Ricardo Remetter, localizada no município de Santo Antônio de Leverger, não apresentou nenhuma tendência estatisticamente significativa nos índices de extremos climáticos para a variável precipitação.

Ao analisar os índices de extremos climáticos derivados da variável temperatura (Tabela 7), pode-se observar uma tendência estatisticamente significativa de aumento para o índice TXx nas quatro estações, ou seja, o máximo da temperatura máxima anual tem “batido recorde” ano após ano. Altas temperaturas aliadas ao clima seco, característico do centro-oeste brasileiro, pode prejudicar as plantações e a saúde da população. Ferrari et al., (2015), ao analisarem a antecipação da semeadura da cultura de soja no Mato Grosso, observaram perda de produtividade devido à deficits hídricos que também é agravado pela intensa radiação solar e altas temperaturas (Souza et al., 2013). Trabalhos como Bordin et al. (2017),

Silva e Tarifa (2017) e Machin e Nascimento (2018), mostraram a relação da poluição/emissão de material particulado intensificado durante o período seco no Mato Grosso devido a queima de biomassa, com o aumento de doenças respiratórias.

O índice TXn apresentou aumento estatisticamente significativo somente para a estação meteorológica de Gleba Celeste. Os municípios de Cáceres e Cuiabá apresentaram aumento estatisticamente significativo no valor mensal de TNx. O aumento estatisticamente significativo do valor mensal de TNn também ocorreu para Cuiabá e Gleba Celeste, estas estações ainda apresentaram uma diminuição estatisticamente significativa na porcentagem de noites mais frias (Tn10p), validando assim, o aumento nas temperaturas máximas e mínimas diárias para estas localidades. O índice Tx10p apresentou uma diminuição estatisticamente significativa para estas estações, validando o aumento da temperatura máxima diária encontrada.

Tabela 7: Tendências anuais dos índices de extremos climáticos dependentes da temperatura para as 4 estações.

	TXx	TXn	TNx	TNn	Tn10p	Tx10p	Tn90p	Tx90p	DTR
Cáceres	0.032*	0.009	0.035*	0.092	-0.158	-0.019	0.341*	0.388*	-0.012
Cuiabá	0.045*	0.015	0.034*	0.052*	-0.211*	-0.153*	0.433*	0.511*	0.002
Gleba Celeste	0.116*	0.087*	0.034	0.065*	-1.138*	-0.458*	0.45*	1.173*	0.014
Pe. Ricardo Remetter	0.067*	0.013	-0.018	0.009	0.002	-0.098	-0.117	0.403*	0.043*

Legenda: *A correlação é significativa no nível $p < 0,05$. Fonte: Autores (2021).

As noites quentes, índice Tn90p, mostraram tendencia de diminuição estatisticamente significativa para as estações de Cáceres, Cuiabá e Gleba Celeste porém foi identificado aumento estatisticamente significativo do índice de Tx90p para as quatro estações estudadas, indicando que a porcentagem de dias com temperatura cada vez mais altas é uma tendencia nestas localidades. Ainda, para a estação de Pe. Ricardo Remetter, foi detectado um aumento estatisticamente significativo para a amplitude diária de temperatura, DTR. Este resultado é coerente visto que somente TXx apresentou uma tendencia de aumento estatisticamente significativa.

Berlato et al. (1995) observaram que muitas destas alterações nos regimes climáticos têm caráter regional e não estão relacionados diretamente a uma mudança global do clima. Sabe-se que a urbanização e as ilhas de calor, que são efeitos locais e regionais, podem contribuir

positivamente para o aumento da temperatura da superfície e, portanto, da atmosfera. Outros fatores, como desmatamento, degradação ambiental, mau uso dos ecossistemas são responsáveis também por mudanças locais e regionais. Segundo Moreira et al. (2021), as alterações nos extremos climáticos de uma região não ocorrem apenas por causas antrópicas, podendo haver interferências naturais no processo.

Extremos de Precipitação e Anomalia de TSM

A TSM dos oceanos tropicais Pacífico e Atlântico é a principal variável física influenciadora das condições climáticas em várias regiões do planeta. No Pacífico Tropical a presença de eventos quentes/frios denominados de El Niño/La Niña com anomalias positivas/negativas de TSM, causam fenômenos climáticos diferenciados em várias áreas do globo, tem duração de 12 a 18 meses em média em intervalos de 2 a 7 anos (Tabela 8) com diferentes

intensidades (Ropelewski e Halpert, 1987 e 1996; Alves et al., 2003). Quanto ao Oceano Atlântico Tropical, há ocorrências de dipolos de TSM conhecido como Padrão do Dipolo do Atlântico, as anomalias configuram-se espacialmente com sinais opostos sobre as Bacias Norte e Sul do Atlântico Tropical, podendo influenciar as variáveis meteorológicas na América do Sul. Assim, foi importante conhecer se tais regiões oceânicas exercem influência nos índices de extremos climáticos estatisticamente significativos encontrados para as estações meteorológicas estudadas nesta pesquisa.

Os índices de extremos climáticos anuais foram correlacionados com as anomalias anuais de TSM dos referidos oceanos. As anomalias anuais foram obtidas das áreas conhecidas por Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4 no Oceano Pacífico Equatorial (Figura 2) e valores médios anuais representativos das regiões de Índice do Atlântico Tropical Norte – TNAI (Tropical North Atlantic Index) e de Índice do Atlântico Tropical Sul - TSAI (Tropical South Atlantic Index) (Menezes et al. 2008) no Oceano Atlântico Tropical. Para esta finalidade, utilizou-se o método estatístico de Pearson, já mencionado na metodologia, para a obtenção da correlação entre as anomalias anuais de TSM e os índices de extremos climáticos anuais

estatisticamente significativos. Os índices para cada estação meteorológica foram correlacionados individualmente com a anomalia de TSM de cada área estudada e as correlações com significância estatística ao nível de 95% estão destacadas nas Tabelas 9 a 12.

Ao correlacionar os índices de extremos climáticos para a variável meteorológica de precipitação com as regiões do Oceano Pacífico e Atlântico, o índice CDD para Cáceres apresentou correlação negativa para as regiões Niño 3.4 e Niño 4 e positiva para TNAI. Tais resultados sugerem que um aumento na anomalia positiva (negativa) da TSM para estas regiões do Pacífico podem contribuir para a diminuição (aumento) dos CDD, assim também, o aumento da TSM na região TNAI contribui para o aumento no número de dias consecutivos secos.

Este resultado pode estar associado a períodos de El Niño, visto que, durante estes eventos foram identificados aumento no quantitativo de precipitação para o estado do Mato Grosso do Sul e região sul do Brasil (Rao e Hada, 1990; Borsato, et al., 2012; Marcuzzo e Oliveira, 2012). Uma vez que ocorra o aumento do número de dias com precipitação na região haverá diminuição nos CDD, justificando a correlação negativa com estas regiões do oceano Pacífico.

Tabela 8: Anos de ocorrência de El Niño e La Niña devido as fases quentes e frias do oceano Pacífico.

El Niño				La Niña		
Fraco	Moderado	Forte	Muito Forte	Fraco	Moderado	Forte
1969-70	1963-64	1965-66	1982-83	1964-65	1970-71	1973-74
1976-77	1968-69	1972-73	1997-98	1971-72	1995-96	1975-76
1977-78	1986-87	1987-88	2015-16	1974-75	2011-12	1988-89
1979-80	1994-95	1991-92		1983-84		1998-99
2004-05	2002-03			1984-85		1999-00
2006-07	2009-10			2000-01		2007-08
2014-15				2005-06		2010-11
2018-19				2009-09		
2019-20				2016-17		
				2017-18		

Fonte: Adaptado de <https://ggweather.com/enso/oni.htm>

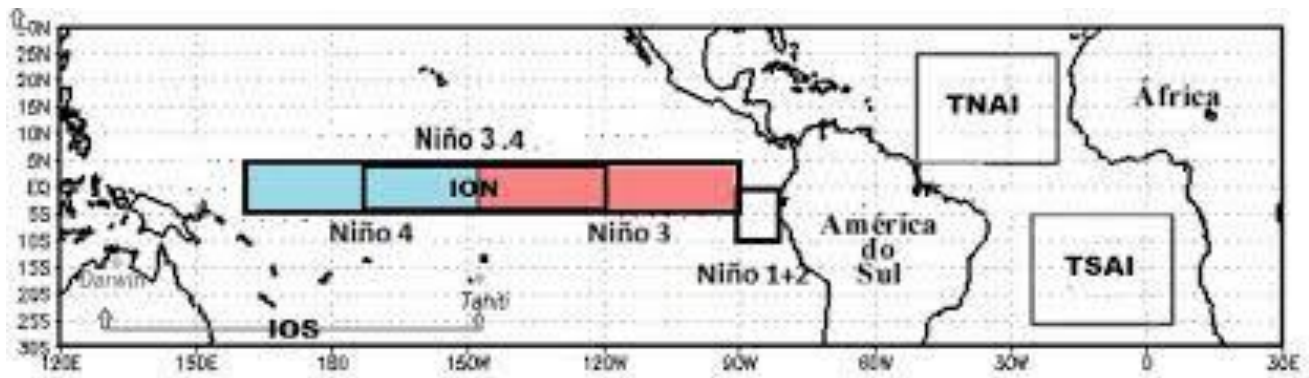


Figura 2: Na figura está sendo mostrado as áreas do Oceano Pacífico Equatorial e as regiões de: Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4. Para o oceano Atlântico Tropical estão em destaque os índices TNAI e TSAI, associadas ao Padrão de Dipolo de anomalias de TSM no Atlântico. Fonte: Adaptada da NOAA, por Assis et al. 2018.

A precipitação acumulada em 1 dia (Rx1day) e a média anual de precipitação (SDII) apresentaram correlação estatisticamente positiva para TNAI e TSAI, ou seja, um aumento de anomalia positiva da temperatura nestas regiões do oceano pode influenciar o aumento na quantidade de precipitação em Cáceres. Pode-se dizer que, quanto maior o aumento de anomalia positiva na TSM do Oceano Atlântico, maior será a evaporação (menor pressão), com a diminuição da pressão, a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) fica mais ao sul, gerando uma banda de nebulosidade (aumento de chuvas) no norte e nordeste brasileiro no período do verão. Assim, a ZCIT que também contribui com a precipitação no norte do MT, traz consigo temperaturas elevadas e umidade suficiente para formar grandes cumulonimbos (Cb) no período chuvoso do ano (Barros e Balero, 2013). O contrário foi identificado para a estação de Gleba Celeste (Tabela 11), os índices R10mm e R20mm, chuvas moderadas a intensas, apresentaram correlação estatisticamente negativa com as regiões de TNAI e TSAI, demonstrando que um aumento nas anomalias de temperatura para estas regiões do Atlântico influencia negativamente o número de dias com chuvas moderadas e intensas nesta localidade.

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) formam-se no oceano Atlântico e adentra o continente por meio do nordeste brasileiro, principalmente entre os meses de novembro e março, porém, a maior frequência ocorre entre os meses de janeiro e fevereiro (Kousky, 1982; Ferreira e Mello, 2005). Estudos como Ferreira et al. (2004) sugerem que a combinação dos VCAN e a Alta da Bolívia em altos níveis favorece a formação da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). A ZCAS é a maior causadora de

precipitação no MT durante o verão no Hemisfério Sul, responsável pela sequência de dias com chuvas intensas, ela se estende desde o sul da Amazônia, passando pelo centro-oeste brasileiro, chegando até o interior do Atlântico Sul, sentido (NW-SE). Quadro (1999) pontua que ocorre pelo menos um episódio de ZCAS por mês (dezembro, janeiro e fevereiro) durante o verão e assevera que o fenômeno do El Niño contribui negativamente para a formação da ZCAS.

Mesmo não apresentando correlação estatisticamente significativa das regiões de Niño com os índices de extremos climáticos de precipitação para as demais áreas estudadas, é importante entender também a função das massas de ares na região estudada visto que outros sistemas são responsáveis pela chuva. A massa equatorial continental (mEc), originária da Amazônia, é caracterizada por ser quente e úmida e levar umidade durante o verão para esta região do Brasil, os índices de extremos climáticos nesta localidade mostraram sofrer influências das anomalias dos oceanos Pacífico e Atlântico (Santos et. al., 2012; Santos et. al., 2016), o que pode contribuir de forma indireta para aumento ou diminuição das chuvas no Mato Grosso. Durante o inverno, a mEc permanece estacionária na Amazônia e a região Centro-Oeste passa a receber influência principalmente da massa Tropical continental (mTc) e da massa Tropical atlântica (mTa), quase sem umidade, que contribui com o tempo mais firme na região. Borsato e Mendonça (2014), ao estudarem a mTc no estado do tempo, para a série 2003/2010 de 4 cidades brasileiras, observaram uma participação efetiva da mTc no estado do tempo em Cáceres de 26,1% e a estação do ano com maior participação foi o inverno, 41,5%, uma vez que, no inverno, com o envelhecimento da massa Polar atlântica (mPa), a

mTc atua mais intensamente dentro do continente a partir do estado do Mato Grosso.

Ao analisar a correlação dos índices de extremos climáticos para a variável temperatura, padrão semelhante a variável precipitação foi encontrado. Os índices oceânicos, TNAI e TSAI, foram os que mais influenciaram os extremos

nestas localidades. Para Cáceres (Tabela 9), TNAI apresentou tendência estatisticamente positiva para TNx, TXx, TX90p e TN90p enquanto TSAI somente para TXx e TX90p, isso mostra que o aumento nas temperaturas destas regiões do Atlântico influencia diretamente o aumento nos extremos de temperatura para esta localidade.

Tabela 9: Correlações entre os índices de extremos climáticos e os índices de anomalias de TSM para a estação meteorológica de Cáceres.

Cáceres	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4	TNAI	TSAI
CDD	-0.163	-0.279	-0.332 *	-0.314 *	0.344*	0.169
Rx1day	0.039	-0.006	-0.063	-0.026	0.408*	0.423*
SDII	0.273	0.165	0.034	0.012	0.401*	0.328*
TNx	0.213	0.222	0.196	0.196	0.487*	0.126
TXx	0.000	-0.160	-0.262	-0.278	0.428*	0.386*
TX90p	-0.100	-0.130	-0.166	-0.119	0.554*	0.467*
TN90p	0.091	0.177	0.206	0.274	0.317*	-0.012

Legenda: * Intervalo de confiança a nível de 95% ($p < 0.05$).

A estação de Cuiabá (Tabela 10) foi a única em que todas as regiões de Niño apresentaram correlação estatisticamente positiva de aumento para TNn, enquanto TNx e TXx apresentaram correlação estatisticamente positiva com as regiões TNAI e TSAI. Os dias frios (Tx10p) apresentaram correlação estatisticamente negativa com as regiões do oceano Atlântico, denotando que o aumento nos índices de temperatura nestas regiões do oceano, acarretará a diminuição da porcentagem

de dias mais frescos, assim também, aumento na anomalia de TSM provoca aumento na porcentagem de dias e noites mais quentes (Tx90p e Tn90p). As noites frias para Cuiabá (Tn10p) estão correlacionadas negativamente com as regiões de Niño 3.4 e Niño 4, logo, um aumento nas anomalias destas regiões do Pacífico poderá acarretar diminuição nas noites mais frescas na capital Mato-grossense.

Tabela 10: Correlações entre os índices de extremos climáticos e os índices de anomalias de TSM para a estação meteorológica de Cuiabá

Cuiabá	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4	TNAI	TSAI
PRCTOT	0.148	0.065	0.009	0.069	-0.029	0.169
R10mm	0.166	0.148	0.119	0.196	-0.058	0.118
R20mm	0.253	0.168	0.093	0.130	0.053	0.192
SDII	0.157	0.070	0.014	0.060	0.288	0.199
TNn	0.334*	0.369*	0.312*	0.316*	0.236	0.177
TNx	-0.073	-0.116	-0.116	-0.074	0.299*	0.365*
TXx	0.025	-0.012	-0.058	0.029	0.416*	0.578*
Tx10p	0.082	0.007	-0.029	-0.130	-0.322*	-0.374*
Tx90p	0.164	0.132	0.085	0.162	0.594*	0.623*
Tn10p	-0.134	-0.220	-0.259*	-0.351*	-0.137	-0.107
Tn90p	0.222	0.249	0.239	0.349*	0.381*	0.497*

Legenda: * Intervalo de confiança a nível de 95% ($p < 0.05$).

Para a estação de Gleba Celeste (Tabela 11), o aumento do valor mínimo anual da temperatura mínima diária tem relação positiva com as regiões de Niño 3.4 e Niño 4, indicando que essas regiões do Pacífico afetam de forma direta. Os índices TNn, TNx, TXx e Tx90p estão

diretamente correlacionados com TNAI e TSAI, ou seja, um aumento nestas regiões do oceano Atlântico influencia no aumento do mínimo e máximo da temperatura máxima e no aumento do número das noites quentes desta região. Já os dias frios, Tx10p, estão negativamente relacionados

com as regiões do Atlântico, ou seja, um aumento nas anomalias de TSM do Atlântico favorece na

diminuição dos dias com temperaturas mais amenas.

Tabela 11: Correlações entre os índices de extremos climáticos e os índices de anomalias de TSM para a estação meteorológica de Gleba Celeste.

Gleba Celeste	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4	TNAI	TSAI
R10mm	-0.126	-0.113	-0.058	-0.071	-0.445*	-0.361*
R20mm	-0.061	-0.139	-0.148	-0.175	-0.361*	-0.391*
TNn	0.106	0.273	0.314*	0.349*	0.2542	0.059
TXn	0.057	0.020	-0.073	-0.092	0.317*	0.348*
TXx	-0.051	-0.114	-0.205	-0.192	0.630*	0.496*
Tx10p	0.025	0.053	0.130	0.1088	-0.591*	-0.543*
Tx90p	-0.047	-0.077	-0.143	-0.111	0.716*	0.377*
Tn10p	0.115	0.030	-0.010	-0.137	-0.338*	-0.430*
Tn90p	-0.250	-0.193	-0.108	0.009	-0.009	0.162

Legenda: * Intervalo de confiança a nível de 95% ($p < 0.05$).

A estação de Pe. Ricardo Remetter (Tabela 12), situada no município de Santo Antônio de Leverger, assim como a capital, está localizada na Depressão Cuiabana, nela observou-se que o aumento do TXx está correlacionado positivamente com os índices do oceano Atlântico. Esta estação foi a única das analisadas que apresentou tendência estatisticamente significativa de aumento para a amplitude térmica (DTR). Santos (2000, p.20), no relatório do clima para Mato Grosso, identificaram na Depressão Cuiabana (Cuiabá, Remetter e Rosário), aumento para as amplitudes térmicas entre 4.8°C a 5.4°C e aclararam que este fato talvez seja explicado pela

proximidade destas localidades com as serras e áreas elevadas, fornecendo drenagem noturna de ar frio durante os meses de inverno seco (junho, julho e agosto). Nesta pesquisa também foi observado um aumento na amplitude térmica para Cuiabá, mas estatisticamente não significativo. Tanto o índice de extremo climático DTR quanto TX90p mostraram correlação estatisticamente positiva com TNAI para Remetter.

Os sistemas que geram precipitação no MT de modo direto ou indireto estão relacionados aos oceanos, logo as correlações das anomalias com os índices de extremos climáticos calculados nesta pesquisa estão em concordância.

Tabela 12: Correlações entre os índices de extremos climáticos e os índices de anomalias de TSM para a estação meteorológica de Pe. Ricardo Remetter.

Pe. Ricardo Remetter	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4	TNAI	TSAI
TXx	0.126	0.008	-0.099	-0.150	0.420*	0.407*
TX10p	-0.131	-0.196	-0.172	-0.150	-0.209	-0.124
TX90p	0.067	0.0149	-0.0509	-0.085	0.534*	0.299
DTR	-0.213	-0.277	-0.286	-0.288	0.406*	0.265

Legenda: * Intervalo de confiança a nível de 95% ($p < 0.05$).

Conclusões

O pequeno número de estações meteorológicas e o grande número de dados faltosos tornam-se fatores limitantes para se ter uma climatologia mais completa para o estado do Mato Grosso. Das quatro estações analisadas e correlacionadas com as anomalias de TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico, somente Cuiabá apresentou uma tendência estatisticamente

significativa de aumento na quantidade de precipitação mas este índice não mostrou correlação estatisticamente significativa com nenhuma das regiões oceânicas, sugerindo que o aumento pode estar relacionado com sistemas convectivos de escala local ou mesmo micrometeorológicas, requerendo estudos para identificar quais fenômenos estão associados a este aumento. O aumento nos índices R10mm, R20mm

e SDII para a capital mato-grossense também não mostraram relação com as anomalias de TSM.

Diferente de Cuiabá, Cáceres apresentou uma maior correlação nos índices de extremos climáticos de precipitação com as anomalias anuais de TSM dos oceanos apesar de ela estar localizada na região centro-sul do estado. Gleba Celeste, que está localizada ao norte, teve os índices de precipitação, R10mm e R20mm, correlacionados negativamente com TNAI e TSAI. Predominantemente, os índices de extremos climáticos para a variável de precipitação e temperatura estão relacionados aos índices de anomalias do Atlântico Norte e Atlântico Sul.

Diante dos resultados já discutidos, é necessário que mais trabalhos com o intuito de identificar possíveis mudanças climáticas na região sejam realizadas. O aumento intensificado no uso

do solo e o crescente número de queimadas podem estar afetando o clima regional mais que as teleconexões climáticas.

Outro resultado relevante foi a identificação no aumento do índice TXx, ou seja, ao longo dos anos estão sendo registrados um crescente aumento na temperatura máxima anual para as quatro estações e os índices oceânicos TNAI e TSAI estão correlacionados positivamente com este aumento.

Ademais, quantificar e entender os índices de extremos climáticos para esta região mesmo que tenham pouca correlação com os índices oceânicos, é uma forma de mitigar políticas públicas uma vez que a riqueza gerada tanto biológica quanto monetária desta região é estratégica para o desenvolvimento do Brasil.

Referências

- Aguilar, E., Aziz Barry, A., Brunet, M., Ekang, L., Fernandes, A., Massoukina, M., Mbah, J., Mhanda, A., Do Nascimento, D.J., Peterson, T.C., Thamba Umba, O., 2009. Changes in temperature and precipitation extremes in western central Africa, Guinea Conakry, and Zimbabwe, 1955–2006. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* [online], 114(D2). Disponível: <https://doi.org/10.1029/2008JD011010>. Acesso: 02 fev. 2021.
- Alimonti, G., Mariani, L., Prodi, F., Ricci, R.A., 2022. A critical assessment of extreme events trends in times of global warming. *The European Physical Journal Plus*, 137(1). Disponível: <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-021-02243-9>. Acesso: 03 de abr. 2022.
- Alves, J.M.B., Souza, R.O., Campos, J.N.B., 2003. Previsão da anomalia de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical, com a equação da difusão de temperatura. *Revista Climanalise*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, Ano, 3. Disponível: http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/artigorevTSM_0506.pdf Acesso: 31 dez. 2020.
- Assis, J.M.O., Souza, W.M., Koch, H., Sobral, M.D.C.M., 2018. Influência dos oceanos Pacífico e Atlântico tropicais sobre os índices climáticos da precipitação na bacia do Submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Climatologia*, 23. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.60005> Acesso: 30 jan. 2021.
- Barros, J.R., Balero, J.C.S., 2013. A influência do clima e do tempo do Centro-Oeste do Brasil nas condições de voo na região. *Élisée-Revista de Geografia da UEG*, 1(02). Disponível: <https://www.praxia.ueg.br/index.php/elisee/article/view/1283>. Acesso: 15 jan. 2021.
- Berlato, M.A., Fontana, D.C., Bono, L., 1995. Tendência temporal da precipitação pluvial anual no Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, 3(1). Disponível: <http://sbagro.org/files/biblioteca/66.pdf>. Acesso: 01 jan. 2021.
- Biudes, M.S., Vourlitis, G.L., Machado, N.G., Arruda, P.H.Z., Neves, G.A.R., Lobo, F. A., Neale, C.M.U., Nogueira, J. S., 2015. Patterns of energy exchange for tropical ecosystems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, 202. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.12.008>. Acesso: 01 abr. 2022.
- Bordin, R.O., de Souza, E.B., da Silva, R.A., Perehouskei, N.A., 2017. Análise espacial com foco na poluição atmosférica e suas consequências na saúde respiratória em Rondonópolis, mato grosso. *Biodiversidade*, 16(2). Disponível: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/5605>. Acessado: 15 jan. 2021.
- Borsato, V.A., Hiera, M.D., Marcon, L.S., 2012. A Zona de Convergência do Atlântico Sul e a dinâmica atmosférica para o noroeste do Paraná. *Revista Brasileira de Climatologia*, 11.

- Borsato, V.A., Mendonça, F.A., 2014. A espacialização temporal da massa tropical continental no centro-sul do Brasil. *Geografia*, 39(1). Disponível: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/9309/6741>. Acesso: 02 abr. 2022.
- Dolman, A. J., Dolman, H., 2019. Biogeochemical cycles and climate. Oxford University Press, USA.
- Escobar, H., 2019. There's no doubt that Brazil's fires are linked to deforestation, scientists say. *Science*, 365. Disponível: <https://www.science.org/content/article/theres-no-doubt-brazils-fires-are-caused-deforestation-scientists-say>. Acesso: 3 abr. 2022.
- Ferrari, E., da Paz, A., Silva, A. C., 2015. Déficit hídrico e altas temperaturas no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas. *Nativa*, 3(1), pp.67-77. Disponível: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v03n01a12>. Acesso: 15 jan. 2021.
- Ferreira, A.G., Silva Mello, N.G., 2005. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista brasileira de climatologia*, 1(1). Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25215>. Acesso: 05 fev. 2021.
- Ferreira, N.J., Sanches, M., Silva Dias, M. A. F., 2004. Composição da Zona de Convergência do Atlântico Sul em Períodos de El Niño e La Niña. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 19(1).
- Goddard, L., Gershunov, A., 2020. Impact of El Niño on weather and climate extremes. *El Niño Southern Oscillation in a Changing Climate*. Disponível: <https://doi.org/10.1002/9781119548164.ch16>. Acesso: 07 abr. 2022
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2021. Disponível: <https://bdmep.inmet.gov.br/#>. Acessado: 02 fev. 2021.
- Instituto Escolhas. 2022. Como o Agro brasileiro se beneficia do desmatamento? Sumário Executivo. São Paulo. Disponível: https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/Relat%C3%B3rio-Final_AgroDesmatamento.pdf. Acesso: 4 abr. 2022.
- IPCC. Intergovernmental panel on climate change, 2014. In: Pachauri, R.K. and Meyer, L.A. (Eds.). *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Geneva: IPCC, p. 151. Disponível: <https://epic.awi.de/id/eprint/37530/> Acesso: 02 mar. 2021.
- IPCC. Intergovernmental panel on climate change, 2021: In: MassonDelmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (Eds.). *Summary for policymakers. In: Climate change: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. In Press. Disponível: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> Acesso: 03 de abr. 2022.
- Kousky, V.E., Cavalcanti, I.F.A., 1984. Eventos Oscilação Sul-El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*, 36(11), pp.1888-1899.
- Kumar, A., 2022. *Ecosystem-Based Adaptation: Approaches to Sustainable Management of Aquatic Resources*. Elsevier.
- Ma, K.C., Chuang, M.H., Chan, T.Y., 2021. Analysis of flooding adaptation and groundwater recharge after adopting jw ecological technology in a highly developed urbanization area. *Applied Sciences*, 11(6). Disponível: <https://doi.org/10.3390/app11062662>. Acessado: 07 abr. 2022
- Machado, N.G., Biudes, M.S., Angelini, L.P., Querino, C.A.S. Silva A. P.C.B., 2020. Impact of Changes in surface cover on energy balance in a tropical city by remote sensing: A study case in Brazil. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100373>. Acesso: 02 abr. 2022
- Machin, A.B., Nascimento, L.F.C., 2018. Efeitos da exposição a poluentes do ar na saúde das crianças de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. *Cadernos de saúde Pública*, 34. Disponível: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00006617>. Acesso: 05 mar. 2021
- MapBiomas, 2021. Projeto – Coleção [2021] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil [online]. Disponível: <https://mapbiomas.org/estatisticas> . Acesso: 05 abr. 2022.

- Marcuzzo, F.F.N., Oliveira, N.D.L., 2012. Impacto do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do Estado do Mato Grosso do Sul. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v6i13.630>. Acesso: 02 mar. 2021
- Margazoglou, G., Grafke, T., Laio, A. e Lucarini, V., 2021. Dynamical landscape and multistability of a climate model. *Proceedings of the Royal Society A* [online], 477(2250), p.20210019. Disponível: <https://doi.org/10.1098/rspa.2021.0019>. Acesso: 05 abr. 2022
- Mato Grosso, 2021. Governo do Estado de Mato Grosso. Geografia. Disponível: <http://www.mt.gov.br/geografia>. Acesso: 15 mai. 2021.
- Menezes, H.E.A., Brito, J.I.B., Santos, C.A.C., Silva, L.L., 2008. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online], 23(2). Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862008000200004>. Acesso: 05 abr. 2021.
- Monteiro, J., 2022. A influência de teleconexões e sistemas meteorológicos produtores de precipitação no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online], 15(1). Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.1.p312-332>. Acesso: 06 abr. 2022.
- Moreira, P.H.O., Cunha, A.C., Costa, A.C.L., 2021. Índice de tendências climáticas de longo prazo em área urbana na Amazônia Oriental. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(06). Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.6.p3372-3387>. Acesso: 03 abr. 2022.
- Nascimento, A.P.P., Figueiredo, A.M.R., Miranda, P.R., 2018. Dimensão do PIB do agronegócio na economia de Mato Grosso. *Ensaio FEE*, 38(4). Disponível: <https://revistas.dee.sp.gov.br/index.php/ensaio/article/view/3781>. Acesso: 05 abr. 2021.
- Novais, M. S., Latorraca, E. D. B., Campos, A. C. B. R., Teixeira, N. C., Almeida, G. A. G., Marcilio, N. S. A., 2022. Severity analysis of burnt areas in the municipality of Poconé - MT, Research, Society and Development, 11(5). Disponível: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.27882>. Acesso: 02 mar. 2022.
- Penereiro, J.C., Ferreira, D.H.L., Badinger, A., 2020. Tendências de insolação, temperatura média e precipitação pluviométrica no inverno e verão do Brasil. *Acta Geográfica*, 14(34). Disponível: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/4985/2914>. Acesso: 10 dez. 2020.
- Pizzato, J.A., Dallacort, R., Tieppo, R.C., Modolo, A.J., Cremon, C., Moreira, P.S.P., 2012. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42(2). Disponível: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200006>. Acesso: 02 fev. 2021
- Quadro, M.F.L.D., 1999. Estudo de episódios de zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. *Revista Brasileira de Geofísica*, 17(2-3). Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0102-261X1999000200009>. Acesso: 02 fev. 2021.
- Rao, V.B. and Hada, K., 1990. Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with the Southern Oscillation. *Theoretical and applied climatology*, 42(2). Disponível: <https://doi.org/10.1007/BF00868215>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Ropelewski, C.F., Halpert, M.S., 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly weather review*, 115(8). Disponível: [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1987\)115<1606:GARSPP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1987)115<1606:GARSPP>2.0.CO;2). Acesso: 20 jan. 2021.
- Ropelewski, C.F., Halpert, M.S., 1996. Quantifying southern oscillation-precipitation relationships. *Journal of climate*, 9(5). Disponível: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1996\)009<1043:QSOPR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1996)009<1043:QSOPR>2.0.CO;2). Acesso: 30 dez. 2020.
- Santos, C.A.C., Brito, J.I.B.D., 2007. Análise dos índices de extremos para o semi-árido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online], 22(3). Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862007000300003>. Acesso: 01 dez. 2020.
- Santos, C.A.C., Satyamurty, P., Santos, E.M., 2012. Tendências de índices de extremos climáticos para a região de Manaus-AM. *Acta Amazônica* [online], 42. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S004459672012000300004>. Acesso: 01 dez. 2020.
- Santos, C.A.C., Melo, M.M., Brito, J.I.B.D., 2016. Tendências de Índices de Extremos Climáticos para o Estado do Amazonas e suas Relações com a TSM dos Oceanos Tropicais. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online], 31. Disponível: <https://doi.org/10.1590/0102-778620130001>. Acesso: 15 dez. 2020.

- Santos, M., 2000. Relatório técnico consolidado de clima para o Estado de Mato Grosso, vol. 2. Prodeagro: Zoneamento socioeconômico-ecológico: Diagnóstico socioeconômico-ecológico do estado de Mato Grosso e assistência técnica na formulação da 2ª aproximação, 2, p.20.
- Sette, D.M., 2005. Os climas do cerrado do Centro-Oeste. *Revista Brasileira de Climatologia* [online], 1(1). Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25225> . Acesso: 10 jan. 2021.
- Silva, D.F., Neto, P.F.S, Silva, S.D., Lima, M.J.S., Cavalcante, I.B.S., Oliveira, S.T., Mendonça, H.S., Batista, B.A., Rocha, L.H. dos S., Almeida, H.R.R.C., Pereira, M.P.S., Araújo, L. E., 2021. Identificação das causas climáticas dos eventos extremos e dos impactos dos ENOS Canônico e Modoki nas macrorregiões de Alagoas. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 14. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p1880-1897>. Acesso: 6 abr. 2022.
- Silva, M.P., Tarifa, J.R., 2017. Ritmo da Temperatura no Clima Local da Cidade de Cuiabá-Várzea Grande (MT): Uma Análise Secular (1912 A 2012). *Biodiversidade*, 16(2). Disponível: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/5597>. Acesso: 05 mar. 2021.
- Some'e, B. S., Ezani, A., Tabari, H., 2013. Spatiotemporal trends of aridity index in arid and semi-arid regions of Iran. *Theoretical and applied climatology*, 111(1). Disponível: <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0650-x>. Acesso: 04 mar. 2021.
- Souza, A.P., Mota, L.L., Zamadei, T., Martin, C.C., Almeida, F.T., Paulino, J., 2013. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *Nativa*, 1(1). Disponível: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07> . Acesso: 20 fev. 2021.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., De Vries, W., De Wit, C.A. Folke, C., 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223). Disponível: <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.1259855>. Acesso: 04 abr. 2022.
- Taschetto, A., Wainer, I., 2005. A influência dos gases estufa no oceano atlântico sul: variabilidade interanual. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online], 20(1). Disponível: <https://www.scielo.br/pdf/rboce/v51nunico/05.pdf> . Acesso: 01 jan. 2021.
- Wheater, H., Evans, E., 2009. Land use, water management and future flood risk. *Land use policy*, 26. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.08.019>. Acessado: 03 jan. 2021
- Zhang, X., Yang, F., 2004. RCLimDex (1.0) user manual. Climate Research Branch Environment Canada, 22. Disponível: <http://www.acmad.net/rcc/procedure/RCLimDexUserManual.pdf>. Acessado: 4 dez. 2020.
- Zin, W.W.Z., Jamaludin, S., Deni, S.M., Jemain, A.A., 2010. Recent changes in extreme rainfall events in Peninsular Malaysia: 1971–2005. *Theoretical and applied climatology*, 99(3). Disponível: <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0141-x> . Acesso: 05 fev. 2021.